

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

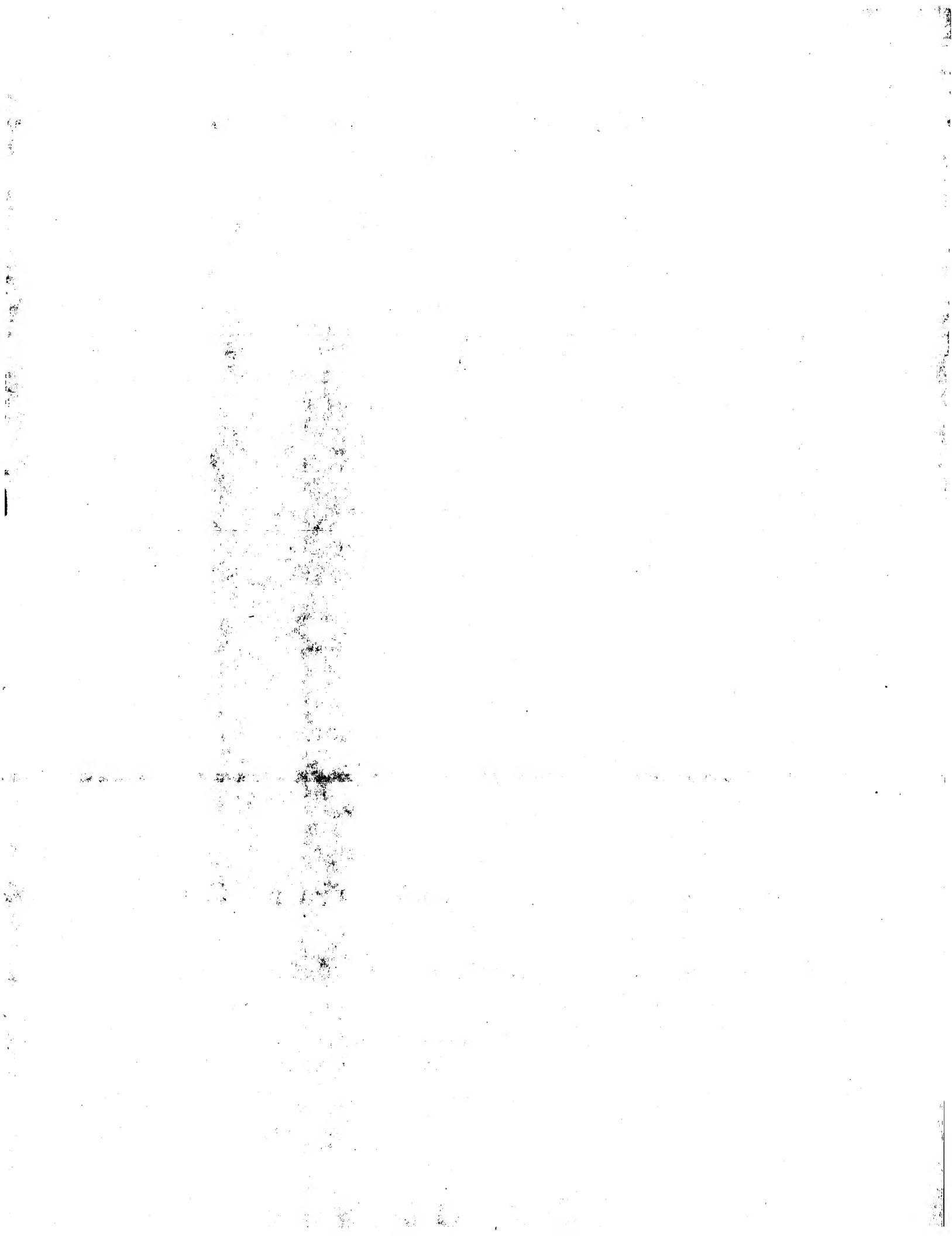
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**





PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : C21D 1/09, B23K 26/14		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/28574
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 19. September 1996 (19.09.96)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP95/04581		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 21. November 1995 (21.11.95)		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>	
(30) Prioritätsdaten: 195 08 584.1 13. März 1995 (13.03.95) DE			
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 68, D-80636 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): WISSENBACH, Konrad [DE/DE]; Gouley Strasse 134, D-52146 Würselen (DE). JUNG, Ralf [DE/DE]; Kirberichshofer Weg 39, D-52066 Aachen (DE). KÜPPER, Franck [DE/US]; Apartment 203, 48961 Denton Road, Belleville, MI 48111 (US). VITR, Gilbert [DE/DE]; Benediktinerstrasse 12, D-52066 Aachen (DE).			
(74) Anwalt: GRIMM, Ekkehard; Kurt-Blaum-Platz 1, D-63450 Hanau (DE).			

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR INCREASING THE DEGREE OF ABSORPTION DURING SUPERFICIAL SOLID PHASE HARDENING OF WORKPIECES BY LASER RADIATION

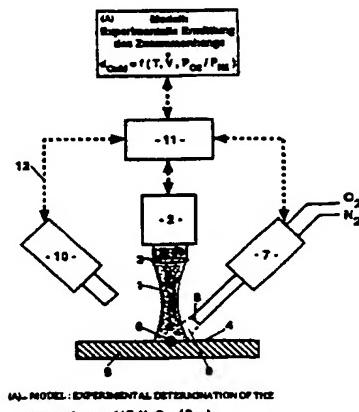
(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERHÖHUNG DES ABSORPTIONSGRADES BEIM OBERFLÄCHEN-FESTPHASENHÄRTEN VON WERKSTÜCKEN MITTELS LASERSTRÄHLUNG

(57) Abstract

A process and device are known to increase the degree of absorption during superficial solid phase hardening of workpieces by laser radiation, in particular for geometrically complex workpieces, by taking measures in the processing area during processing to increase laser radiation absorption. In order to create a process and device that allow the surface of workpieces having complex geometrical shapes in the finished state to be hardened without previously applying absorption-promoting coating layers, that allow an increased processing speed to be achieved in comparison with conventional processes and the hardening depth to be increased with comparable process parameters, a process gas is supplied to the processing area as a gaseous mixture of at least one inert gas and oxygen in order to increase laser radiation absorption, and the degree of absorption of laser radiation in the workpiece processing area is set depending on a predetermined set value depending on the proportion of the ingredients of the processing gas mixture, the processing gas volume flow and/or the temperature in the processing area during processing.

(57) Zusammenfassung

Es ist ein Verfahren zur Erhöhung des Absorptionsgrades beim Oberflächen-Festphasenhärten von Werkstücken mittels Laserstrahlung, insbesondere von geometrisch komplizierten Werkstücken, bei dem im Bereich der Bearbeitungszone während des Bearbeitungsprozesses auf dem Werkstück Maßnahmen vorgenommen werden, die die Absorption der Laserstrahlung erhöhen, sowie eine entsprechende Vorrichtung bekannt. Um ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, mit denen eine Oberflächenhärtung komplexer Bauteilgeometrien im endbearbeiteten Zustand ohne das vorherige Auftragen von absorptionssteigernden Deckschichten möglich ist, mit denen eine im Vergleich zu herkömmlichen Verfahrensweisen erhöhte Prozeßgeschwindigkeit erreicht werden kann und wobei mit vergleichbaren Prozeßparametern die Einhärtiefen gesteigert werden können, wird ein Prozeßgas als eine die Absorption erhöhende Maßnahme in Form eines Gasgemisches aus mindestens einem Inertgas und Sauerstoff der Bearbeitungszone zugeführt und der Absorptionsgrad der Laserstrahlung des Werkstückes in der Bearbeitungszone des Werkstückes in Abhängigkeit des Prozeßgas-Mischungsverhältnisses des Gasgemisches und/oder des Prozeßgasvolumenstroms und/oder der Temperatur in der Bearbeitungszone während der Bearbeitung in Abhängigkeit einer Sollwertvorgabe eingestellt.



IV. MODEL: EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE RATIO $a_{\text{abs}} = f(T, V, P_{\text{O}_2}/P_{\text{N}_2})$

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LJ	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

P a t e n t a n m e l d u n g**Verfahren und Vorrichtung zur Erhöhung des Absorptionsgrades
beim Oberflächen-Festphasenhärten von Werkstücken
mittels Laserstrahlung****Beschreibung**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erhöhung des Absorptionsgrades beim Oberflächen-Festphasenhärten von Werkstücken mittels Laserstrahlung, insbesondere von geometrisch komplizierten Werkstücken, bei dem im Bereich der Bearbeitungszone während des Bearbeitungsprozesses auf dem Werkstück Maßnahmen vorgenommen werden, die die Absorption der Laserstrahlung erhöhen.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine Vorrichtung zur Erhöhung des Absorptionsgrades beim Oberflächen-Festphasenhärten von Werkstücken mittels Laserstrahlung, insbesondere von geometrisch komplizierten Werkstücken, mit einer Prozeßgaszuführeinrichtung.

In der Werkstoffbearbeitung, z.B. in der Oberflächenbehandlung von Bauteilen, haben sich in weiten Bereichen Laser etabliert und werden in weiten Bereichen eingesetzt. Beim Einsatz von Lasersystemen hängt das Bearbeitungsergebnis stark von derjenigen Laserleistung ab, die in das Werkstück eingekoppelt werden kann. Die einkoppelbare Leistung wiederum ist von dem Absorptionsgrad an der Werkstückoberfläche abhängig, der wiederum von verschiedenen Einflußgrößen abhängig ist.

- 2 -

Ein Teilgebiet der Oberflächenbehandlung von Werkstücken ist das Festphasenhärten mit Laserstrahlung. Eine derartige Härtung wird insbesondere an solchen Bereichen eines Werkstückes durchgeführt, die beispielsweise einer erhöhten Belastung oder einem starken Verschleiß unterliegen oder erhöhten Temperaturen standhalten müssen.

Mit den bisher angewandten Verfahren zur Festphasenhärtung an Eisenwerkstoffen mit CO₂- bzw. Nd-YAG-Laserstrahlung können ohne zusätzliche Maßnahmen Absorptionsgrade von 10% für die Wellenlänge $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ bzw. 30% für $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ erzielt werden. Eine weitere Erhöhung des Absorptionsgrades und damit des Prozeßwirkungsgrades $\eta_p = P_{\text{Abs}}/P_W$, wobei P_{Abs} die absorbierte Laserleistung und P_W die Laserleistung am Werkstück bezeichnen, kann nur durch zusätzliche, vorbereitende Arbeitsschritte erreicht werden. Hierzu zählen das Aufbringen von absorptionssteigernden Schichten, wie z.B. Graphit, Farbe, auf die Oberfläche. Da eine solche Oberflächenbehandlung in sehr definierten Bereichen durchgeführt werden muß, und zwar entsprechend den Anforderungen in der Industrie, müssen solche absorptionssteigernden Deckschichten sehr definiert zum einen hinsichtlich der Lage und zum anderen hinsichtlich einer konstanten Dicke und Homogenität auf der Werkstückoberfläche aufgebracht werden. Hierzu werden z.B. Spritz- oder Rollverfahren verwendet, die jedoch bei komplexen Werkstückgeometrien nur sehr schwer anwendbar sind. Es ergibt sich daher eine geringe Reproduzierbarkeit des Deckschicht-Auftrags, insbesondere in Bezug auf Schichtdicke und deren Homogenität, was wiederum zu unbefriedigenden Bearbeitungsergebnissen führt. Eine solche Reproduzierbarkeit ist aber gerade bei der Serienherstellung von Bauteilen zu fordern. Weiterhin werden durch die zusätzlichen Arbeitsschritte des Auftragens der absorptionssteigernden Deckschichten vor der Laserstrahlbehandlung und das notwendige Reinigen der Oberfläche nach der Behandlung von verbleibenden Resten solcher Deckschichten die Fertigungskosten erhöht. Zur Vermeidung von Oxidation wird nach dem Stand der Technik Stickstoff (N₂) als Schutzgas eingesetzt.

- 3 -

Ausgehend von dem vorstehend angegebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs beschriebenen Art anzugeben, mit denen eine Oberflächenhärtung komplexer Bauteilgeometrien im endbearbeiteten Zustand ohne das vorherige Auftragen von absorptionssteigernden Deckschichten möglich ist, mit denen eine im Vergleich zu herkömmlichen Verfahrensweisen erhöhte Prozeßgeschwindigkeit erreicht werden kann und wobei mit vergleichbaren Prozeßparametern die Einhärztiefe gesteigert werden können.

Die vorstehende Aufgabe wird bei einem Vefahren der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß als eine die Absorption erhöhende Maßnahme ein Prozeßgas in Form eines Gasgemischs aus mindestens einem Inertgas und Sauerstoff der Bearbeitungszone zugeführt wird und der Absorptionsgrad der Laserstrahlung in der Bearbeitungszone des Werkstückes in Abhängigkeit des Prozeßgas-Mischungsverhältnisses des Gasgemisches und/oder des Prozeßgasvolumenstroms und/oder der Temperatur in der Bearbeitungszone während der Bearbeitung in Abhängigkeit einer Sollwertvorgabe eingestellt wird.

Bei einer entsprechenden Vorrichtung wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Prozeßgaszuführeinrichtung ein Gasgemisch aus mindestens einem Inertgas und Sauerstoff zuführt, dessen Mischungsverhältnis und/oder Volumenstrom über eine Gasmischeinrichtung und eine Regeleinrichtung einstellbar ist.

Durch die Zuführung des Prozeßgases aus einem Inertgas-Sauerstoff-Gemisch auf definierte Bereiche des Werkstückes im On-line-Verfahren wird an der Oberfläche der Bearbeitungszone eine definiert gleichmäßige und reproduzierbare Oxidschicht erzeugt und damit der Absorptionsgrad für die Laserstrahlung erhöht. Zur Erzeugung der Oxidschichten wird bei der Festphasenhärtung je nach Anforderungsprofil und Werkstückgeometrie die Prozeßgasgemischung, bevorzugt Stickstoff und Sauerstoff, so eingestellt,

- 4 -

daß in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis des Gasgemisches und/oder des Prozeßgasvolumensstroms und/oder der Temperatur in der Bearbeitungszone während der Bearbeitung ein Sollwert für die Absorption der Laserstrahlung erreicht wird. Mittels Düsen kann eine solche Prozeßgasmischung sehr definiert auf die zu härtenden Bereiche der Werkstoffoberfläche aufgebracht werden. Die Erzeugung der Oxidschicht erfolgt durch das Prozeßgasgemisch und die Verfahrensparameter, wie beispielsweise die Relativbewegung zwischen Werkstück und Laserstrahl bei gleichzeitiger Temperaturregelung, so daß die Anpassung der Absorption über die Einstellung der Oxidschicht an das Anforderungsprofil erzielt wird. Mit der angegebenen Verfahrensweise werden Oxidschichtdicken von $\leq 1, \mu\text{m}$ erzielt bei gleichzeitiger Erhöhung des Absorptionsgrades der Laserstrahlung auf bis zu 80%, wobei das gegenüber herkömmlichen Verfahrensweisen zeitaufwendige Aufbringen und Entfernen von Deckschichten entfällt. Mit dem beschriebenen Verfahren läßt sich im Vergleich zur Behandlung ohne die Bildung von Oxidschichten eine Erhöhung der Einhärtetiefe um einen Faktor 3 bis 4 bei ansonsten gleichen Verfahrensparametern, wie beispielsweise der eingesetzten Laserleistung und Vorschubgeschwindigkeit, erzielen. Bei gleicher Einhärtetiefe (ohne und mit Oxidation) sind Prozeßgeschwindigkeiten erreichbar, die um einen Faktor 3 bis 4 höher liegen. Weiterhin ist es mit der erfundungsgemäßen Verfahrensweise möglich, komplexe Bauteilgeometrien zu behandeln, bei denen es praktisch ansonsten unmöglich ist, im endbearbeiteten Zustand des Bauteils absorptionssteigernde Deckschichten vor der Laserstrahlbeaufschlagung aufzubringen. Gerade im Hinblick solcher komplexer Bauteile ist keine Nachbehandlung erforderlich, beispielsweise dahingehend, Reste an Deckschichten zu entfernen, was praktisch an komplexen Bauteilen etwa im Bereich von Hinterschneidungen, wenn überhaupt, nur durch aufwendige Verfahrensweisen möglich ist.

Um die Sollwertvorgabe an veränderte Bedingungen entlang der Bearbeitungszone anpassen zu können, beispielsweise bei Schwankungen der vorgegebenen Werkstückdimensionierung, ist eine Regelung bzw. Einstellung

- 5 -

der Sollwertvorgabe entlang der Bearbeitungszone nützlich. Auf diese Weise kann beispielsweise die Sollwertvorgabe nachgeregelt und im On-line-Verfahren den wechselnden Werkstückbedingungen angepaßt werden. Hierbei werden die Istwerte erfaßt, bevorzugt die Temperatur, und diese Istwerte werden mit den Sollwerten verglichen; bei einer Abweichung wird die Differenz nachgeregelt. Die Temperaturerfassung ermöglicht, insbesondere auch in Verbindung mit einem Pyrometer, eine berührungslose Erfassung des Istzustands im Bereich der mit Laserstrahlung beaufschlagten Werkstückoberfläche. Eine solche Temperaturmessung kann auch relativ weit vom Werkstück entfernt vorgenommen werden, um dadurch den Bearbeitungsablauf nicht zu stören. Als weitere Regelgröße kann auch das Mischungsverhältnis des Gasgemisches, d.h. der Anteil des Inertgases und des Sauerstoffes, erfaßt werden, und dieser Istwert mit dem Sollwert verglichen und bei einer Abweichung von dem Sollwert die Differenz nachgeregelt werden. Eine solche Verfahrensweise sollte immer dann bevorzugt angewandt werden, wenn eine sich verändernde Geometrie des Werkstückes vorliegt.

Aufgrund der vorstehend angeführten einzelnen Möglichkeiten, einen Istwert zu erfassen, kann eine individuelle Anpassung des Verfahrens an die Werkstückgeometrie erzielt werden. Anhand dieser Istwert/Sollwert-vergleiche wird bevorzugt bei einer Abweichung die Differenz über eine Änderung der Laserleistung und/oder der Prozeßgeschwindigkeit und/oder der Strahlgeometrie ausgeregelt, bis die Sollwertvorgabe erreicht ist.

Weiterhin ist es von Vorteil, das Gasgemisch unter verschiedenen sich ändernden Winkeln auf die Bearbeitungszenen des Werkstückes zu führen. Hierdurch können beispielsweise, ohne Veränderung der Geometrie der Strahldüse, aus der das Prozeßgas ausströmt, in der Größe unterschiedliche Flächenbereiche auf der Werkstückoberfläche mit dem Prozeßgasgemisch beaufschlagt werden.

Entsprechend den vorstehend beschriebenen Verfahrensweisen zur Erfassung möglicher Istwerte, um diese Istwerte mit Sollwertvorgaben zu ver-

- 6 -

gleichen, werden vorrichtungsgemäß Temperaturmeßeinrichtungen, Durchflußmeßeinrichtungen und Gasmischeinrichtungen vorgesehen, um entsprechende Einstellungen der Verfahrensparameter vornehmen zu können.

Die Gasmischeinrichtung sollte eine oder mehrere Düsen besitzen, die in unterschiedlichen Winkeln auf das Werkstück gerichtet werden. Auch können solche unterschiedlichen Düsen entsprechend der Werkzeuggeometrie betrieben oder von der Gaszufuhr abgetrennt werden, um so unterschiedliche Bereiche mit Prozeßgas zu beaufschlagen. Auch können die Düsen, um die Vorrichtung noch variabler zu gestalten, in ihren Einstellungen veränderbar angeordnet werden, um eine Anordnung zu schaffen, die individuell auf eine neue Werkstückserie oder im On-line-Verfahren auf das momentan bearbeitete Werkstück angepaßt werden kann. Für eine Anpassung im On-line-Verfahren ist eine Stelleinrichtung von Vorteil, die über die Regeleinrichtung angesteuert wird. Darüberhinaus kann eine weitere Anpassung durch unterschiedliche Düsengeometrien oder Düsenfelder bzw. Düsenarrays erfolgen, die relativ zu dem Werkstück jeweils positioniert werden.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt

Fig.1 einen schematischen Aufbau einer Vorrichtung und

Fig.2 das Ergebnis einer mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugten Oxidschicht im Querschliff.

Mit der Anordnung, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, wird kontinuierliche bzw. gepulste Laserstrahlung 1 eines Lasers 2 über eine Fokussieroptik 3 auf die Oberfläche 4 eines Werkstückes 5 geführt. Mit der Fokussieroptik 3 kann eine Anpassung der Strahlbreite an die gewünschte Spurbreite auf der Werkstückoberfläche 4 erfolgen. Es ist anzumerken, daß das

- 7 -

Werkstück 5 als ebene Platte in der Fig. 1 dargestellt ist, wobei jedoch die erfindungsgemäße Vorrichtung sowie das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere für komplizierte Bauteilgeometrien geeignet sind. Hierfür werden dann noch entsprechende optische Einrichtungen zur Führung der Laserstrahlung in dem Strahlengang der Laserstrahlung 1 eingefügt. Auf die durch die Laserstrahlung beaufschlagte Bearbeitungszone 6 wird ein Gasgemisch aus Sauerstoff (O_2) und Stickstoff (N_2), über einen Gasmischer 7 gemischt aus einer Düse 8 zugeführt. Der Strahlkegel 9, mit dem das Gasgemisch aus Stickstoff und Sauerstoff aus der Düse austritt, kann über eine entsprechende Einrichtung eingestellt werden. Weiterhin kann das Gasgemisch, d.h. das Mischungsverhältnis, von Stickstoff und Sauerstoff, der Gasdruck und die Gasströmung über den Gasmischer 7 eingestellt werden. Auf der Oberfläche des Werkstückes wird eine gleichmäßige Oxidschicht erzeugt, aufgrund derer die Absorption der Laserstrahlung erhöht werden kann. Über ein auf die von der Laserstrahlung beaufschlagten Werkstückoberfläche gerichtetes Pyrometer 10 wird die Temperatur erfaßt, die eine Funktion der absorbierten Laserstrahlung darstellt. Diese Temperatur wird als Istwert einer Regeleinrichtung 11 über eine Leitung 12 eingegeben, in der der Zusammenhang zwischen der "Regelgröße" als Funktion der Temperatur T, des Gasvolumenstroms dV/dt und der Gasmischung P_{O_2}/P_{N_2} (Partialdruck) modellmäßig zu berücksichtigen ist. Modellmäßig heißt hierbei, daß zuvor empirische Werte für bestimmte Materialdaten ermittelt wurden, die in der Regeleinrichtung 10 als Festwerte gespeichert sind und in Abhängigkeit der Sollwertvorgaben, mit denen das Verfahren zur Oberflächenhärtung durchgeführt werden soll, abgerufen und zur Ermittlung der Größen der Laserleistung, des Gasvolumenstroms und der Gasmischung berücksichtigt werden, so daß eine Anpassung der Absorption an das Anforderungsprofil erzielt wird. Durch die Anpassung der Absorption ist eine Variation der Einhärttiefe möglich. Durch eine Variation des Gasvolumenstroms und der Gasmischung sowie des Strahlquerschnitts der Laserstrahlung auf der Werkstückoberfläche 4 können weiterhin Oberflächenhärtungen an komplizierten Geometrien, beispielsweise in den Innen- und Außenkantenbereichen eines Werkstückes, variiert werden.

- 8 -

Mit dem vorliegenden Verfahren können Oxidschichtdicken von $\leq 1 \mu\text{m}$ erreicht werden bei gleichzeitiger Erhöhung des Absorptionsgrades auf bis zu 80%. Die Oberflächenrauhigkeiten der laserstrahlbehandelten Werkstücke liegen dabei in der Größenordnung wie vor der Laserbehandlung, so daß keine Nachbehandlung erforderlich wird.

Das Ergebnis einer mit dem beschriebenen Verfahren erzeugten Oxidschicht ist in Abbildung 1 dargestellt (Material: C 60). Die Abbildung zeigt eine mit dem Rasterelektronenmikroskop aufgenommene Probenoberfläche, die nach der Behandlung mit Laserstrahlung gebrochen worden ist. An der Bruchkante ist deutlich die Dicke der Oxidschicht von $\sim 1 \mu\text{m}$ festzustellen.

Typische Verfahrensparameter, mit denen Oxidschichten entsprechend der Fig. 2 erzeugt werden, sind wie folgt:

Mittlere Laserleistung am Bearbeitungsort	P_W	= 350 W
Strahldurchmesser am Werkstück	$d_{w,u}$	= 4 mm
Vorschubgeschwindigkeit	v_v	= 150 mm/min
Düseninnendurchmesser	d_D	= 13 mm
Gasdurchfluß (Volumenstrom) Stickstoff	v_{N2}	= 15 l/min
Gasdurchfluß ("") Sauerstoff	v_{O2}	= 0,12 l/min
Oxidschichtdicke	d_{Ox}	= 1 μm

- 9 -

P a t e n t a n m e l d u n g

**Verfahren und Vorrichtung zur Erhöhung des Absorptionsgrades
beim Oberflächen-Festphasenhärten von Werkstücken
mittels Laserstrahlung**

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung des Absorptionsgrades beim Oberflächen-Festphasenhärten von Werkstücken mittels Laserstrahlung, insbesondere von geometrisch komplizierten Werkstücken, bei dem im Bereich der Bearbeitungszone während des Bearbeitungsprozesses auf dem Werkstück Maßnahmen vorgenommen werden, die die Absorption der Laserstrahlung erhöhen, dadurch gekennzeichnet, daß als eine die Absorption erhöhende Maßnahme ein Prozeßgas in Form eines Gasgemischs aus mindestens einem Inertgas und Sauerstoff der Bearbeitungszone zugeführt wird und der Absorptionsgrad der Laserstrahlung in der Bearbeitungszone des Werkstückes in Abhängigkeit des Prozeßgas-Mischungsverhältnisses des Gasgemisches und/oder des Prozeßgasvolumenstroms und/oder der Temperatur in der Bearbeitungszone während der Bearbeitung in Abhängigkeit einer Sollwertvorgabe eingestellt wird.

- 10 -

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollwertvorgabe während des Bearbeitungsvorgangs entlang der Bearbeitungszone geregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur in der Bearbeitungszone als Istwert erfaßt und dieser Istwert mit dem Sollwert verglichen und bei einer Abweichung die Differenz ausgeregelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozeßgasvolumenstrom als Istwert erfaßt und dieser Istwert mit dem Sollwert verglichen und bei einer Abweichung die Differenz ausgeregelt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Abweichung die Laserleistung und/oder die Prozeßgeschwindigkeit und/oder die Strahlgeometrie angepaßt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gasgemisch unter verschiedenen Winkeln auf die Bearbeitungszone des Werkstückes zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausbildung der Prozeßgasströmung an die Werkstückgeometrie angepaßt wird.
8. Vorrichtung zur Erhöhung des Absorptionsgrades beim Oberflächen-Festphasenhärten von Werkstücken mittels Laserstrahlung, insbesondere von geometrisch komplizierten Werkstücken, mit einer Prozeßgaszuführeinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßgaszuführeinrichtung (7, 8) ein Gasgemisch aus mindestens einem Inertgas und Sauerstoff zuführt, dessen Mischungsverhältnis und/oder Volumenstrom über eine Gasmischeinrichtung (7) und eine Regeleinrichtung (11) einstellbar ist.

- 11 -

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Regel-einrichtung (11) über eine Istwertaufnahme Meßwerte über das Mischungsverhältnis des Gasgemisches und/oder des Prozeßgasvolumenstroms und/oder der Temperatur aufnimmt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß als Istwert-aufnahme eine Temperaturmeßeinrichtung vorgesehen ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeich-net, daß eine Durchflußmeßeinrichtung vorgesehen ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeich-net, daß die Gasmischeinrichtung (7) eine oder mehrere Aus-tritts-Düsen (8) aufweist, über die das Prozeßgas unter verschiedenen Winkeln auf die Bearbeitungszone (6) des Werkstückes (5) ausrichtbar ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Aus-tritts-Düsen (8) in ihrer Winkeleinstellung zu dem Werkstück (5) veränderbar sind.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderung der Winkeleinstellung über eine Stelleinrichtung erfolgt, die durch die Regeleinrichtung (11) angesteuert wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeich-net, daß die Düsen (8) unterschiedliche Düsengeometrien besitzen.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeich-net, daß ein Düsenfeld bzw. eine Düsen-Array relativ zu dem Werkstück positioniert ist.

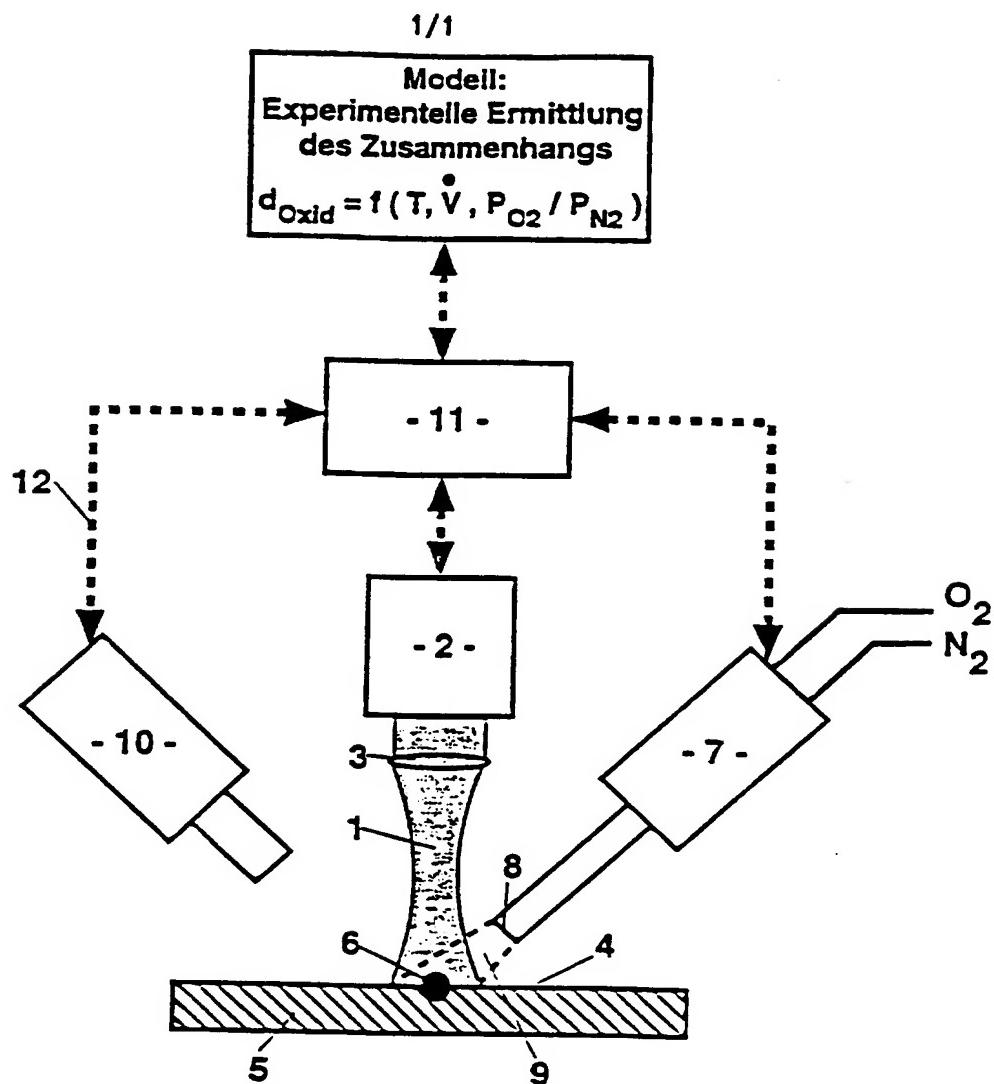


FIG. 1

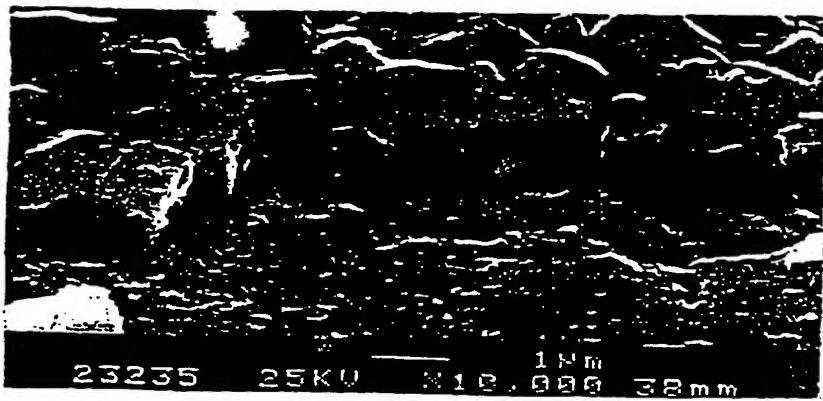


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 95/04581

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 C21D1/09 B23K26/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 C21D B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LU,A,81 852 (CENTRE RECH METALLURGIQUE) 4 June 1981 see the whole document ---	1,8
X	DE,A,29 40 127 (COHERENT INC) 17 April 1980 see page 15, paragraph 4 - page 16, paragraph 1; claims 1,2,7,10,11 ---	1,8
Y	WO,A,89 05707 (COHN RONALD D ;DULEY WALTER WINSTON (CA); KINSMAN GRANT (CA)) 29 June 1989 see claims 1,12 ---	1,8
Y	DE,A,43 20 408 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 22 December 1994 see the whole document ---	1,8
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

25 April 1996

10.05.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Mollet, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInt. Application No.
PCT/EP 95/04581

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	DE,A,44 01 697 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 17 August 1995 see the whole document -----	8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l. Application No.

PCT/EP 95/04581

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
LU-A-81852	04-06-81	NONE	
DE-A-2940127	17-04-80	US-A- 4304978 GB-A,B 2039964 JP-A- 55050423	08-12-81 20-08-80 12-04-80
WO-A-8905707	29-06-89	CA-A- 1332373 US-A- 4972061	11-10-94 20-11-90
DE-A-4320408	22-12-94	NONE	
DE-A-4401697	17-08-95	DE-A- 4447478	31-08-95

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte nationales Aktenzeichen
PCT/EP 95/04581

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 C21D1/09 B23K26/14			
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK			
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 6 C21D B23K			
Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen			
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)			
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN			
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.	
X	LU,A,81 852 (CENTRE RECH METALLURGIQUE) 4.Juni 1981 siehe das ganze Dokument ---	1,8	
X	DE,A,29 40 127 (COHERENT INC) 17.April 1980 siehe Seite 15, Absatz 4 - Seite 16, Absatz 1; Ansprüche 1,2,7,10,11 ---	1,8	
Y	WO,A,89 05707 (COHN RONALD D ;DULEY WALTER WINSTON (CA); KINSMAN GRANT (CA)) 29.Juni 1989 siehe Ansprüche 1,12 ---	1,8	
Y	DE,A,43 20 408 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 22.Dezember 1994 siehe das ganze Dokument ---	1,8	
-/-			
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie	
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfundenischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfundenischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist	
1 Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 25.April 1996		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 10.05.96	
Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+ 31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Mollet, G	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 95/04581

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	DE,A,44 01 697 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 17.August 1995 siehe das ganze Dokument -----	8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 95/04581

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
LU-A-81852	04-06-81	KEINE		
DE-A-2940127	17-04-80	US-A- 4304978 GB-A,B 2039964 JP-A- 55050423		08-12-81 20-08-80 12-04-80
WO-A-8905707	29-06-89	CA-A- 1332373 US-A- 4972061		11-10-94 20-11-90
DE-A-4320408	22-12-94	KEINE		
DE-A-4401697	17-08-95	DE-A- 4447478		31-08-95